Buenas Prácticas en Producción Ecológica

Uso de Abonos Verdes



Gloria I. Guzmán Casado
y Antonio M. Alonso Mielgo



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

Buenas Prácticas en Producción Ecológica

Uso de Abonos Verdes

Gloria I. Guzmán Casado y Antonio M. Alonso Mielgo

Índice

1. Introducción 3

2. Los abonos verdes y su papel como fertilizantes 4

3. Los abonos verdes y su papel en el control de hierbas, plagas y enfermedades 9

4. Otros beneficios de los abonos verdes 15

5. Elección y cultivo de los abonos verdes 17



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Secretaria General Técnica: Alicia Camacho García. **Subdirector General de Información al Ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Director del Centro de Publicaciones:** Juan Carlos Palacios López. **Jefa del Servicio de Producción y Edición:** M.ª Dolores López Hernández. **Coordinación:** Evelia Fontevedra Carreira. Dirección General de Desarrollo Sostenible del Medio Rural. **Autores:** Gloria I. Guzmán Casado y Antonio M. Alonso Mielgo (*).

(*) Dres. Ingenieros Agrónomos
Centro de Investigación y Formación en Agricultura
Ecológica y Desarrollo Rural
Camino del Jan, s/n
18320 Santa Fe (Granada)
www.cifaed.es

Edita:
© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta
Paseo de la Infanta Isabel, 1
Teléfono: 91 347 55 51-91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Plaza San Juan de la Cruz, s/n
Teléfono: 91 597 60 81
Fax: 91 597 66 01

Tienda virtual: www.marm.es
e-mail: centropublicaciones@marm.es

Maquetación: Ana de las Heras
Impresión: Centro de Publicaciones
Encuadernación: Tomás de Diego Chicharro
Diseño y portada: Grafismo, S.L.

NIPO: 770-08-062-4
ISBN: 978-84-491-0867-9
Depósito Legal: M-38286-2008
Catálogo General de Publicaciones Oficiales:
http://www.060.es (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)

Datos técnicos: Formato: 17x29 cm. Caja de texto: 13x21 cm. Composición: una columna. Tipografía: 55 Helvética Roman a cuerpo 10. Encuadernación: grapado. Papel: interior en couché de 115 g. Cubierta en cartulina gráfica de 200 g. Tintas: 4/4 tintas.

1. Introducción

Los abonos verdes o siderales son plantas cultivadas que se incorporan al suelo, generalmente durante el período de floración, con el fin de realizar una mejora agronómica. Se sitúan entre calles en las plantaciones frutales o entre dos cultivos principales en la rotación, cuando éstos están distanciados en el tiempo. En ocasiones, el cultivo del abono verde acompaña durante una parte de su ciclo a un cultivo principal, solapándose.

Los abonos verdes constituyen una práctica antigua en la agricultura mediterránea. Así, se sabe que lupinos y habas eran ya usados por los griegos como abono verde 300 años antes de Cristo. Incluso han perdurado hasta nuestros días, en zonas agrícolas marginadas, especies de leguminosas cuyo mayor interés es su uso como abono verde, nutriendo al cultivo principal. Es el caso de la "moruna" o "algarroba" (*Vicia articulata*) que se sigue incluyendo como abono verde en las rotaciones, antes del cereal, y entre calles de frutales (vid, almendro, etc.) en la Sierra de la Contraviesa (Granada) o el sur de Italia. El interés de la moruna es alto por su adaptación a zonas semiáridas y suelos pobres, y por su valor forrajero, lo que ha hecho que se haya extendido su uso a Australia, Estados Unidos y oeste asiático.

En regiones de clima mediterráneo, la siembra de los abonos verdes suele realizarse a inicios del otoño, tras las primeras lluvias, incorporándose al suelo durante la primavera.

Esta práctica común en la agricultura tiene su fundamento agronómico y ecológico, siendo de gran interés en agricultura ecológica. Vamos a tratar de mostrarlo a continuación.

2. Los abonos verdes y su papel como fertilizantes

La función fundamental de los abonos verdes es complementar la nutrición de los cultivos de la rotación, bien a través de la fijación de nitrógeno libre, o por su eficacia en hacer disponibles nutrientes para los cultivos que de otra manera serían inaccesibles o se perderían.

a) Fertilización nitrogeneda

El empleo de especies leguminosas (veza, guisante, haba, etc.) como abono verde tiene el objetivo principal de aportar nitrógeno extra a nuestro suelo y a los cultivos siguientes, ya que estas plantas son capaces de fijar este nutriente desde el aire, debido a su asociación simbiótica con unas bacterias denominadas rizobios (*Rhizobium* sspp).

Estas bacterias forman habitualmente unos nódulos (bultitos) en la raíz de la leguminosa, y es donde se lleva a cabo la fijación de nitrógeno atmosférico. Estos nódulos pueden tener diferente forma según la planta. Así, los hay de forma esférica (soja, judía), elipsoide (trébol), digitada (haba, garbanzo) o que envuelven a la raíz (altramuz), etc. El tamaño también varía. En general, cuando tienen mayor tamaño se encuentran en menor cantidad.



Foto 2. Nódulos de rizobios en la raíz de haba (izq.) y de trébol (der.)

Dado que estos nódulos son la "fábrica", sin cuya presencia no se produce fijación de nitrógeno, es necesario que el agricultor extraiga de vez en cuando las raíces de varias plantas para **observar si están presentes.** También hemos de **observar el color del interior de los nódulos,** que debe ser rojo o rosa cuando están realizando la fijación de forma efectiva.

La ausencia de nódulos puede deberse a que la cepa de la bacteria que infecta la leguminosa no esté presente en nuestro suelo. En este caso, habrá que introducirla generalmente en el momento de la siembra, inoculando las semillas.

También puede verse afectada la formación de nódulos por la presencia de otros microorganismos en el suelo (hongos, actinomicetos, virus) que dañen a los rizobios. Este problema habitualmente desaparece durante la etapa de conversión a agricultura ecológica, pues el aumento de biodiversidad (rotaciones, policultivos, etc.) y el empleo de abonos orgánicos contribuyen a mejorar la salud del suelo.

La presencia de nitrógeno mineral en el suelo, principalmente nitratos, perjudica a la formación de nódulos y a la fijación de nitrógeno del aire, causando un rápido envejecimiento de los nódulos ya formados. En agricultura ecológica este problema no es usual, ya que se emplean abonos orgánicos (estiércol, compost, etc.) que sufren una mineralización gradual, no dando lugar a gran concentración de nitrógeno mineral en el suelo.

La fijación también se ve disminuida por la presencia de encharcamientos, ya que requiere la presencia de oxígeno.

Un cultivo de leguminosa empleado como abono verde puede aportar todos o parte de los requerimientos de nitrógeno del cultivo siguiente si la biomasa de la leguminosa es importante, y la fijación ha sido efectiva. Se consideran especies fuertemente fijadoras a las alfalfas, tréboles, altramuces, etc., cuya capacidad suele superar los 200 Kg de N/ha y año; medianamente fijadoras a habas, vezas, etc., que fijan entren 100-200 Kg de N/ha y año; y poco fijadoras a garbanzos, lentejas, guisantes, almortas, yeros, etc., con menos de 100 Kg de N/ha y año.



Foto 3.
El guisante, sólo o mezclado con un cereal, se emplea como abono verde

La biomasa producida por la leguminosa depende de la especie empleada, la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas que ha sufrido durante su crecimiento y el momento elegido para su corte e incorporación al suelo. Lo mejor es permitir su crecimiento hasta llegar a plena floración, donde es elevada la biomasa producida; y todavía no ha habido un desplazamiento de nutrientes hacia las semillas, por lo que éstos se encuentran en la parte vegetativa.

Por otro lado, tanto las leguminosas, como otras especies (avena, centeno, rábano, colza, etc.) empleadas como abono verde son capaces de absorber el nitrógeno mineral presente en el suelo entre los cultivos principales, evitando que se pierda y poniéndolo a disposición de los cultivos siguientes. Debe quedar claro que aquellas especies que no son leguminosas no aportan nitrógeno extra a la finca, sólo pueden disminuir las pérdidas del nitrógeno que ya estaba en el suelo.

En definitiva, el empleo del abono verde supone un ahorro económico importante para el agricultor, que debe incorporar a su finca menos fertilizante orgánico (compost, estiércol, etc) para mantener su producción. Esta cantidad que ahorra es el **valor de sustitución del fertilizante**. Dado que, en ocasiones, es difícil encontrar a buen precio abonos orgánicos, esta fuente barata y autónoma de nitrógeno debe ser considerada por los agricultores ecológicos. En la Tabla 1 podemos ver algunos ejemplos de lo que supone este ahorro.

Tabla 1.
Ahorro de fertilizante nitrogenado en diversas rotaciones de cultivo debido al empleo de distintos abonos verde

Rotación	Abono Verde empleado	Valor de sustitución de fertilizante
AV-Colza de primavera	Colza de otoño	24% de las necesidades de la colza de primavera
AV-Patatas-Trigo-Cebada	Trébol rojo + raygrass inglés (*Lolium perenne*)	194 Kg N/ha
AV-Patata-Trigo-Avena	Trébol rojo (*Trifolium pratense*)	114 Kg N/ha
AV-Trigo-Trigo-Avena	Trébol rojo (*Trifolium pratense*)	182 Kg N/ha
Cebada-AV-Maíz dulce	Alfalfa (*Medicago sativa*)	156 Kg N/ha (100% de las necesidades del maíz dulce)
Cebada-AV-Maíz dulce	Veza (*Vicia villosa*) + centeno	156 Kg N/ha (100% de las necesidades del maíz dulce)
Cebada-AV-Maíz dulce	Centeno	58 Kg N/ha (37% de las necesidades del maíz dulce)
Maíz dulce/AV*-Sorgo forrajero	Veza (*Vicia villosa*) o Alfalfa (*Medicago sativa*)	Entre 78 y 140 Kg N/ha son empleados por el sorgo forrajero

* En esta rotación el abono verde veza o alfalfa es sembrado con el maíz tras la última escarda mecánica realizada a éste. Tras la recolección del maíz, la veza o la alfalfa continuaron creciendo hasta la primavera siguiente, momento en el que se incorporaron. Por tanto, se solapan ambos cultivos, maíz y abono verde, durante una parte de su ciclo.

b) Otros nutrientes

Los abonos verdes incluidos en la rotación, a diferencia del nitrógeno, **no enriquecen** el suelo con fósforo (P), potasio (K) u otros nutrientes, pero sí **evitan pérdidas** de estos nutrientes. Esto ocurre a través de tres vías principalmente:

a) **Bombean los nutrientes** desde capas profundas hasta la superficie. Esto ocurre con todos los nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc.) cuando son empleadas como abonos verdés especies vegetales de raíz profunda, que ahondan en el suelo y extraen nutrientes de capas inferiores. Estas especies al ser incorporadas ponen a disposición de los cultivos siguientes dichos nutrientes.

   Por ello, cuando los cultivos principales son especies de raíz superficial o media (menos de 40 cm), deben alternarse con abonos verdes de raíces más profundas, como son algunas leguminosas (la alfalfa, el altramuz, las habas, la esparceta, la zulla, la alholva o el trébol rojo), compuestas como el girasol o crucíferas como la colza.

   Además, hemos de considerar que las distintas especies son más o menos eficientes para absorber determinados nutrientes. Así, en general, las leguminosas son capaces de absorber más calcio y fósforo; las crucíferas, como la colza, más azufre y potasio; y las gramíneas más nitrógeno.

b) La incorporación y posterior degradación de los abonos verdes aumentan el fósforo disponible para el cultivo siguiente. Esto es debido a que provocan un incremento de la cantidad de microorganismos en el suelo y de su actividad. Así, son capaces de disolver **compuestos inorgánicos insolubles** de fósforo a través de la producción que realizan de ácidos orgánicos, liberándolo en cantidades superiores a sus propias demandas nutricionales, por lo que queda a disposición de las plantas.



Foto 4. Segado de abono verde en olivar

c) **Disminuyen o anulan la erosión.** La erosión significa la pérdida de la capa superficial del suelo sobre todo donde se encuentran buena parte de los nutrientes y la materia orgánica. Su destrucción implica la pérdida irreversible de la calidad del suelo y el aumento continuo de la aplicación de fertilizantes y agua para evitar la caída drástica de rendimientos.

En zonas de clima mediterráneo, los abonos verdes se desarrollan principalmente en las estaciones habitualmente lluviosas, es decir, entre el otoño y la primavera. De tal manera que, si no estuvieran presentes, el suelo quedaría desnudo y expuesto a la acción erosiva de la lluvia. Por ello, su presencia es muy efectiva en el control de la erosión ya que evitan el impacto directo de las gotas de agua, a la vez que lo sujetan con sus raíces y reducen la velocidad del agua ladera abajo, aumentando la infiltración de ésta en el suelo.

3. Los abonos verdes y su papel en el control de hierbas, plagas y enfermedades

Aunque los abonos verdes han sido considerados siempre por su contribución a la fertilidad de los suelos agrícolas, cada vez existe más interés sobre el control de hierbas, plagas y enfermedades que realizan. Veámoslo a continuación:

a) Control de hierbas

Los abonos verdes pueden ayudar a mantener poblaciones aceptables de hierbas en los cultivos. Es, de hecho, una técnica que en agricultura ecológica se emplea de forma habitual para el control de las hierbas. Los mecanismos por los cuales se produce este control son la competición por los recursos, la alelopatía negativa y el empleo de las hierbas como abono verde. En cada caso puede estar presente uno o varios mecanismos de control, como los siguientes:

a.1. Competición

Las plantas sembradas como abono verde compiten con las hierbas por los recursos (nutrientes, luz y agua) por lo que éstas se desarrollan en peores condiciones.

En general, reducirán más la población de hierbas aquellos abonos verdes que crecen más rápido, producen mucha masa verde y cubren antes el suelo. Las leguminosas, en general, compiten con las hierbas peor que las gramíneas. Por ello, en ocasiones es útil emplear mezclas de leguminosas (veza, guisantes, etc.) con gramíneas (centeno, avena, etc.). También es conveniente para favorecer la capacidad de competir del abono verde aumentar la densidad de siembra en un 20-50% respecto a la utilizada para el cultivo de grano.

Los resultados de un ensayo que comparaba el barbecho con el uso de cinco abonos verdes distintos para el control de las hierbas mostraron la gran eficiencia de algunos de ellos para controlarlas. Así, el barbecho permitió que las hierbas cubrieran el 52% del suelo, mientras que el abono verde más eficaz para controlar la hierba, la mostaza blanca (*Sinapis alba),* permitió que las hierbas cubrieran sólo el 4% del suelo, seguida muy de cerca por el centeno (8%). Sin embargo, el lupino y el haba sólo consiguieron rebajar al 25-28% la ocupación del suelo por las hierbas. En el caso de las dos primeras especies se produjo una competencia muy intensa por la luz y el nitrógeno. En el caso de las leguminosas, la competencia se produjo fundamentalmente por la luz.

a.2. Alelopatía

Algunas plantas, tienen la habilidad de producir y emitir a través de las raíces sustancias tóxicas para otras especies vegetales. Otras veces estas sustancias dañinas son debidas a la degradación de restos vegetales (tallos, hojas, raíces). Este fenómeno, que recibe el nombre de alelopatía negativa, es empleado en agricultura ecológica. Así, se siembran como abonos verdes especies vegetales que dan lugar a estos compuestos tóxicos para las hierbas. El resultado es una menor población de malas hierbas en el cultivo siguiente.

a.3. Uso de las hierbas como abono verde

Un caso especial es cuando empleamos las mismas hierbas como abono verde. Es decir, las dejamos crecer y cuando las especies más abundantes están en floración, las incorporamos. Dado que no tienen tiempo de formar semilla, el uso habitual de esta práctica contribuye a disminuir el banco de semillas presente en el suelo. No obstante, hay que tener cuidado y determinar bien el momento de la incorporación, ya que las hierbas florecen escalonadamente.

Veamos algunos ejemplos.

La mezcla de haba y centeno, sembrada en otoño como abono verde, y enterrada a finales de marzo o inicios de abril, controla el crecimiento de las hierbas en el cultivo siguiente. Ello es debido, por un lado, a que el rápido y abundante crecimiento del abono verde "ahoga" a las otras plantas; y, por otro, a que el centeno libera sustancias al suelo que intoxican a las hierbas **(compuestos alelopáticos),** no permitiéndoles un adecuado crecimiento.

En la tabla 2 puede verse el efecto del haba-centeno sobre la hierba crecida acompañando al cultivo hortícola (col en este caso) en los meses de verano siguientes. El ensayo se repitió en dos años y consistió en comparar los efectos de la siembra de distintos abonos verdes (haba, centeno, mezcla de haba y centeno, ninguno) en el crecimiento de las hierbas y el cultivo hortícola posterior. Cada año se sembraba el abono verde en otoño y se incorporaba en primavera, sembrando a continuación el cultivo hortícola. Puede verse que si no se había sembrado ningún abono verde, la cantidad de hierbas presente después en el cultivo hortícolas era muy alta, lo que afecta tanto al número de escardas que hay que realizar como al rendimiento de la col. Si el abono verde era de centeno sólo el control de las hierbas era muy alto, pero al generar un problema de escasez de nitrógeno en el suelo, afectaba muy negativamente al rendimiento del cultivo hortícola posterior. Las habas solas como cultivo de cobertura generan un buen rendimiento de la col, pero su efecto sobre las hierbas es menor que el que tiene el centeno, sobre todo en el segundo año. Sin embargo, la mezcla de habas y centeno conjuga ambas virtudes, aporte de nitrógeno y limpieza de hierbas, lo que puede ser muy interesante para cultivos hortícolas con poca capacidad para competir con las hierbas (zanahoria, cebolla, ajo...).

Tabla 2.
Efecto del abono verde sobre las hierbas y el cultivo siguiente de col

	Biomasa de malas hierbas (g/m^2)		Rendimientos de col (kg/ha)
Abono verde	Año 1	Año 2	Media
Haba	17,4	80,7	84.900
Centeno	0,7	9,7	32.780
Haba y centeno	0,3	3,9	71.800
Ninguno	112,3	305,1	61.100

También se suelen emplear las crucíferas (mostazas, colza, etc.) como abonos verdes por su capacidad de controlar las hierbas. Estas especies producen sustancias tóxicas (ej. isotiocianatos) que disminuyen la capacidad de germinación de las semillas de algunas hierbas y el crecimiento de aquellas que logran germinar. Especies con esta capacidad son *Brassica hirta*, *Brassica nigra*, *B. juncea*, *B. napus*, *B. campestris* y *Lepidium sativum*.

Algunas leguminosas también tienen este efecto alelopático sobre las hierbas, debido a que dan lugar a compuestos fenólicos cuando se descomponen. Un ejemplo es el caso del trébol rojo (*Trifolium pratense*) cuyos residuos afectan negativamente al crecimiento de algunas hierbas, dando ventaja al cultivo siguiente sobre éstas.

Este efecto alelopático es importante porque, en general, afecta a las hierbas y no a los cultivos. Las especies de hierbas parecen ser más susceptibles a los efectos fitotóxicos de los compuestos alelopáticos debido al menor tamaño de sus semillas y, por tanto, a la menor acumulación de reservas propias de nutrientes. Por ello, rápidamente tras germinar tienen que extraer el alimento del suelo, intoxicándose con los compuestos alelopáticos que allí se encuentran. También se debe a que la toxicidad de los residuos del abono verde se reduce substancialmente después de varias semanas de descomposición, siendo baja cuando se siembra el cultivo que sigue al abono verde.

A veces, cuando se han usado leguminosas como abonos verdes entre calles de frutales puede ocurrir que, tras su enterramiento, si llueve de forma abundante, se produzca una eclosión de malas hierbas, debido a la acumulación de nitrógeno en el suelo que han realizado. Lógicamente debe efectuarse una labor mecánica muy ligera para eliminarlas.

b) Control de plagas y enfermedades

También la incorporación de abonos verdes contribuye a disminuir los problemas provocados por hongos del suelo y de reducir las poblaciones de nematodos e insectos nocivos que viven en el suelo. La Tabla 2 recoge algunos ejemplos. Ello es debido fundamentalmente a tres mecanismos que explicamos a continuación.

b.1. Incremento de la actividad biológica en el suelo

La incorporación del abono verde da lugar al incremento de la población y actividad de numerosos organismos presentes en el suelo (arañas, insectos, hongos, bacterias, protozoos, etc.). La mayor parte de estos organismos son positivos o neutrales para el cultivo y limitan las poblaciones de los que son perjudiciales. Este control lo realizan de forma indirecta, a través de la competencia por los recursos, y de forma directa, porque son depredadores, parásitos o producen sustancias tóxicas que dañan a los organismos perjudiciales para la planta.

b.2. La formación de sustancias tóxicas durante la descomposición del abono verde

Los restos vegetales incorporados al suelo son transformados en otros más simples por los organismos presentes en el suelo. Fruto de esta degradación, se forman algunas sustancias orgánicas intermedias que son tóxicas para otros organismos nocivos para las plantas.

Un ejemplo lo tenemos en la descomposición de algunos cultivares de pasto del Sudán (*Sorghum sudanense*) que contienen una sustancia (dhurrina) que al degradarse en el suelo produce ácido cianhídrico lo que afecta a la maduración de los huevos del nematodo *Meloidogyne hapla* y a la posterior penetración en las raíces de lechuga y otros cultivos. La dhurrina se acumula en los brotes tiernos durante el crecimiento de la planta, pero desaparece a partir de floración, por lo que no se puede retrasar su enterramiento, que debe hacerse antes de que florezca. La sequía aumenta la concentración de esta sustancia.

Otro ejemplo, es la supresión del hongo del algodón *Thielaviopsis basicola* debido a la alta concentración de amoniaco en el suelo que se produce cuando se está descomponiendo la veza vellosa (*Vicia villosa*) incorporada.

Las crucíferas (mostaza, colza, jaramagos, etc.) también han sido muy estudiadas por su papel en el control de ciertas plagas y enfermedades (Tabla 3). Así, por ejemplo, se conoce que su descomposición en el suelo, tras la incorporación, da lugar a isotiocianatos, que ejercen su acción contra hongos fitopatógenos como *Helminthosporium solani* y *Verticillium dahliae*.

Tabla 3.
Ejemplos del uso del abonado en verde para la protección de los cultivos

Cultivo beneficiado	Abono verde	Plaga o enfermedad afectada
Algodón	Guisante o meliloto (*Melilotus officinalis*)	Pudrición de raíz (*Phymatotrichum*
Algodón	Veza vellosa (*Vicia villosa*)	Hongo (*Thielaviopsis basicola*)
Cítricos	Mostazas (*Brassica* sspp.)	Nematodo (*Tylenchulus semipenetrans*)
Fresa	Avena cv. Saia	Nematodos (*Pratylenchus penetrans* y *Meloidogyne hapla*) y hongo (*Rhizoctonia fragariae*)
Guisante	Maíz dulce cv. Jubille, avena cv. Troy y colza cv. Humus	Hongo (*Aphanomyces euteiches*)
Lechuga	Pasto Sudán	Nematodo (*Meloidogyne hapla*)
Lechuga	Colza	Nematodo (*Meloidogyne hapla*)
Melocotón	*Crotalaria spectabilis* o avena	Nematodo (*Heterodera marioni*)
Patata	Soja	Sarna ordinaria o roña (*Streptomyces scabies*)
Patata	Mostazas (*Brassica nigra* o *Brassica juncea*)	Hongos (*Helminthosporium solani* y *Verticillium dahliae*)
Trigo	Guisante o colza	Mal del pie o pie negro (*Gaeumannomyces graminis*)
Varios	Mostaza (*Brassica* spp.)	Gusanos de alambre (*Agriotes* spp.)
Varios	Avena cv. Saia o Centeno cv. Wheeler	Nematodo (*Pratylenchus penetrans*)
Varios	Avena, pasto Sudán	Nematodo (*Pratylenchus penetrans*)

b.3. El uso del abono verde como planta trampa

El control de nematodos por los abonos verdes también se puede realizar empleando plantas hospederas que estimulan su desarrollo, pero que se eliminan antes de que se complete el ciclo de vida del nematodo. Un ejemplo, es el control de nematodos de la remolacha forrajera que puede lograrse par-

cialmente utilizando abonos verdes de crucíferas como cultivo precedente, lo que estimula la emergencia de las larvas de los quistes, tras lo cual deben enterrarse rápidamente las plantas en el suelo. Las habas tienen un efecto similar antes de la remolacha azucarera.

En el caso de querer emplear las crucíferas como planta trampa de nematodos fitopatógenos, estas plantas deben incorporarse pronto (20-30 días tras la germinación) para que no se produzca un incremento de las poblaciones del nematodo.

4. Otros beneficios de los abonos verdes

Los abonos verdes, en general, no aumentan el nivel de materia orgánica del suelo salvo en casos excepcionales. Ello se debe a que el material que se incorpora al suelo es joven, poco lignificado y con un contenido alto de nitrógeno en relación al carbono, sobre todo si se trata de leguminosas.



Foto 5. Segado de abono verde de haba en calles alternas del cultivo del espárrago

No obstante, si nuestro suelo tiene un nivel bajo de materia orgánica y queremos aumentarlo utilizando abonos verdes, deberemos sembrar cereales, mezclados o no con leguminosas, y enterrarlos justo después de floración, ya que en este momento se obtiene el máximo de masa verde con apreciable formación de celulosa y lignina susceptibles de formar humus estable.

Reducir el laboreo también puede facilitar el aumento de materia orgánica en el suelo. Además, los abonos verdes nos aportan los beneficios que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.
Beneficios adicionales de los abonos verdes

En la	■ Mejora de la estructura del suelo ■ Menor compactación del suelo ■ Menor formación de costra superficial ■ Incremento de la biomasa y actividad biológica benéfica en el suelo ■ Menor erosión hídrica y eólica ■ Mejora de la infiltración y almacenaje del agua en el suelo ■ Facilitan la recuperación de suelos degradados (salinos, sódicos, etc.) ■ Proporcionan alimento y refugio a insectos útiles (enemigos naturales aéreos de las plagas agrícolas, abejas, etc.) ■ Ahorro económico
En la	■ Ahorro de energía fósil al sustituir parcialmente a los fertilizantes químicos ■ Contribuyen a la disminución del efecto invernadero ■ Suministran un hábitat para la fauna silvestre (aves, etc.) ■ Mejoran el paisaje

5. Elecciones y cultivo de los abonos verdes

Los criterios que deben guiar la elección de las especies y variedades a emplear como abonos verdes podrían ser los siguientes:

1. No ser exigentes en agua, nutrientes y cuidados para desarrollarse convenientemente, ya que los costes de cultivo deben ser bajos.
2. Ser de ciclo corto cuando se trata de intercalarlos entre dos cultivos relativamente próximos en el tiempo.
3. Aportar materia orgánica eficaz para la formación de humus. Este aspecto es especialmente relevante durante el periodo de reconversión, ya que si la finca posee un suelo muy pobre en humus, porque hace demasiado tiempo que no se realizan enmiendas orgánicas, suele ser preferible sembrar abonos verdes con una relación carbono/nitrógeno mayor, y en un estado más lignificado (con mayor edad de las plantas). En este sentido son preferibles las gramíneas, las crucíferas, o la mezcla de leguminosas y gramíneas, con mayor proporción de las segundas. Si por el contrario el suelo parte de un buen nivel de materia orgánica, puede emplearse un abono verde de leguminosas o de mezcla de leguminosa con un pequeño porcentaje de gramíneas.
4. Fijar nitrógeno atmosférico, lo que nos ahorrará dinero en la fertilización posterior.
5. Ser competidoras eficaces con las hierbas, ya sea porque produzcan mucha biomasa en poco tiempo, y/o por liberar sustancias alelopáticas.
6. Debe tenerse en cuenta el lugar que ocupa en la rotación, qué cultivos le acompañan antes y después, y cerciorarse de que su inclusión en la rotación no agrava problemas de plagas y enfermedades. Como regla general es interesante que pertenezca a diferente familia botánica que el cultivo anterior y posterior.
7. Favorecer la presencia de enemigos naturales.
8. Tener un bajo coste de implantación.
9. En el caso de plantaciones frutales, deben tener muy baja capacidad de rebrotar tras la siega mecánica, si es lo que se pretende hacer en sustitución de su incorporación.

El buen manejo del abono verde es esencial para obtener sus beneficios. Para ello hemos de tener en cuenta lo siguiente:

a) **Selección de las especies a sembrar.** Hemos de seleccionar especies y variedades que estén muy adaptadas a las condiciones de suelo, clima y manejo en las que van a crecer, y que sean capaces de producir una alta cantidad de biomasa en poco tiempo.

En condiciones de secano los abonos verdes se siembran en el otoño y se incorporan en primavera, ya sea entre dos cultivos principales o en las calles entre frutales (olivar, vid, almendro, etc). Numerosas especies de leguminosas tradicionalmente utilizadas en nuestra agricultura están adaptadas a estas condiciones de secano. Muchas de ellas han sido evaluadas para su uso y algunos resultados se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5.
Especies de abonos verdes de leguminosas adaptadas a condiciones de relativa sequía

Especie empleada	Fecha de siembra	Dosis de siembra	Precipitaciones medias durante su desarrollo o localización del	Fecha de corte	Aporte de materia seca en floración
Algarroba (*Vicia monantha*)	Inicios de noviembre	85 kg/ha (35 cm entre líneas)	-	Mayo	4.599
Alholva (*Trigonella foenum-graecum*)	Inicios de noviembre	80 kg/ha	213 mm	1ª semana de mayo	2.950
Alholva/Avena	Inicios de noviembre	Al → 60 kg/ha Av → 20 kg/ha	237 mm	3ª semana de mayo	3.634
Almorta (*Lathyrus sativus*)	Inicios de noviembre	100 kg/ha	216 mm	1ª semana de mayo	3.038
Melilotus albus, ecotipo "Topares"	Otoño	-	Almería	-	2.500
Veza (*Vicia sativa*) entre calles de olivar	Inicios de octubre	120-150 kg/ha	Sudeste de Andalucía	Abril	800-3.200
Yero (*Vicia*	Inicios de noviembre	80 kg/ha (35 cm entre líneas)	385 mm	1ª semana de mayo	5.171
Esparceta (*Onobrychis sativa*)	Octubre	120-150 kg/ha	Aragón	-	700-5.000

En regadío, también se han realizado experiencias exitosas de implantación de abonos verdes en primavera-verano en sistemas hortícolas del área medite-

rránea, cuando el terreno permanece habitualmente sin cultivar. En estas condiciones, y con bajas dosis de riego, se han logrado muy buenos resultados con rábano forrajero (*Raphanus sativus*) y sorgo (*Sorghum vulgare*), ya que presentan un rápido crecimiento, una gran producción de materia seca y una efectiva reducción de hierbas.

b) **Dosis de siembra.** Debe ser superior en un 20-50% a la que realizaríamos si fuéramos a obtener grano. La profundidad de siembra varía con la especie empleada. Así, por ejemplo, el carretón (*Medicago rugosa*) no soporta bien el enterramiento y tiene mejor emergencia cuando se deja la semilla en superficie; en cambio la veza (*Vicia sativa*) se establece bien cuando se siembra entre 2-5 cm de profundidad. Así pues, en caso de no conocerse bien el comportamiento de la especie a sembrar, deben realizarse algunas pruebas preliminares para determinar dosis y profundidad de siembra.

c) **Preparación del lecho de siembra.** Debe ser cuidadosa, ya que una buena implantación del abono verde es esencial para que forme biomasa.

d) **Fecha de corte en régimen de secano y zonas semiáridas.** El principal inconveniente de los abonos verdes deriva de la competencia que puede establecerse entre ellos y los cultivos principales por el agua en condiciones de secano.

En frutales, como el olivo, la siega o incorporación al suelo debe realizarse antes de que esta competencia se inicie. Así, en olivar de secano para un año medio de precipitaciones y en las condiciones climáticas del sur peninsular, el control debe realizarse en la tercera semana del mes de marzo. En zonas o años más lluviosos puede retrasarse la siega o incorporación, pero debe hacerse antes de finalizar abril. En el caso en que se respete esta fecha de corte o incorporación, no solamente no se crea competencia por el agua, sino que ésta se acumula en mayor cantidad en el suelo durante todo el ciclo de cultivo por el aumento de infiltración que se produce antes del control y por una menor evaporación desde el suelo después de éste.

En el caso de rotaciones de cultivos extensivos de secano en zonas semiáridas, la mayoría de nuestro país, se aconseja la siembra de una leguminosa en rotación con el cereal, frente al barbecho-cereal. Sin embargo, la leguminosa puede dedicarse a forraje y no ser enterrada, ya que el principal limitante para la producción en estas tierras es el agua y no el nitrógeno. La venta del forraje de veza compensa con creces los gastos que ocasiona, a la par que obtenemos los beneficios agronómicos. En la experiencia que durante 12 años han realizado en La Mancha comparando distintas rotaciones en agricultura ecológica han obtenido los siguientes resultados (Tabla 6).

Tabla 6.
Resultados productivos y económicos de tres rotaciones de cultivos extensivos en régimen de secano y producción ecológica (Lacasta, Meco y Benítez, 2006)

	Rotación cebada-barbecho	Rotación cebada-veza para forraje	Rotación cebada-veza como abono
Rendimiento medio de la cebada (kg/ha)	2.192	2.069	1.833
Rendimiento de forraje de veza (kg/ha)	_	2.213	_
Margen bruto (€/ha y año) sin contar ninguna subvención [1]	23,03	23,03	-23,71

[1] media de los seis primeros años (Lacasta y Meco, 2000)

La producción convencional de la rotación cebada-cebada fue de 1.566 kg/ha y año, siendo sus costes de producción superiores y su rentabilidad inferior a la de las rotaciones con manejo ecológico.

e) **La profundidad de enterramiento debe ser pequeña** (10-15 cm) si se desea una descomposición rápida y efectiva del abono verde, a la par que una cierta formación de humus, pues a esta profundidad existe mayor actividad biológica. No obstante, si se prefiere proteger al suelo de la erosión o de los rayos solares, disminuyendo su calentamiento, se debe de segar la cubierta y dejar los restos en superficie.

Bibliografía

Domínguez-Gento, A. y Roselló-Oltra, J. 2000. Aportación de materia orgánica de diversos abonos verdes de primavera-verano en condiciones litorales mediterráneas. En *IV Congreso de la SEAE*. Córdoba, 19-23 de Septiembre.

Foraster, L., Lorite, M.J., Mudarra, I., Alonso, A.M., Pujadas, A. y Guzmán, G. 2006. Evaluación de distintos manejos de las cubiertas vegetales en olivar ecológico. En *Actas del VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*. Zaragoza, Documento Nº 14 (edición en CD).

García Álvarez, A., Díez Rojo, M.A., López-Pérez, J.A. y Bello, A. 2006. Materia orgánica, biofumigación y manejo de organismos del suelo patógenos de vegetales. En (Labrador, J., ed.) *Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería ecológica.* MAPA. pp. 63-68.

Gliessman, S.R. 1997. *Agroecology. Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press. Chelsea.

Griffin, T., Liebman, M., y Jemison, J. 2000. Cover crops for sweet corn production in a short-season environment. En *Agronomy Journal*, 92 (1), pp. 144-151.

Lacasta, C. y Meco, R. 2000. Costes energéticos y económicos de agroecosistemas de cereales considerando manejos convencionales y ecológicos. En *IV Congreso de la SEAE*. Córdoba.

Lacasta, C., Meco, R y Benítez, M. 2006. El fósforo en los agroecosistemas de cereales. En *Actas del VII Congreso de la SEAE*. Zaragoza. Documento Nº 131 (edición en CD).

Liebman, M. y Davis, A.S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. En *Weed Research*, 40, 27-47.

Ohno, T., Doolan, K., Zibilske, L.M., Liebman, M., Gallandt, E.R., y Berube, C. 2000. Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth. En *Agriculture Ecosystems and Environment*, 78(2), pp. 187-192.

Olivier, C., Vaughn, S.F., Mizubuti, E.S.G. y Loria, R. 1999. Variation in allyl isothiocyanate production within Brassica species and correlation with fungicidal activity. En *Journal of Chemical Ecology*, 25(12), pp. 2687-2701.

Orive, R y Temprano, F. 1983. Simbiosis Rhizobium-leguminosa. En (Cubero, J.I. y Moreno, M.T., coord.) *Leguminosas de grano*. Mundi-Prensa. Madrid.

Ríos, S., Sanchez-Zamora, M.A., Correal, E., y Robledo, A. 1993. *Melilotus albus* Medicus, una leguminosa de uso múltiple para las tierras calizas de la España seca. En *Pastos*, 23 (1), pp. 61-76.

Treviño, J., Caballero, R. y Gil, J. 1984. Estudio de los rendimientos, composición química y digestibilidad de la alhova, cultivada como planta forrajera de secano en zona semiárida. En *Pastos*, 14 (1), pp. 123-132.

Vyn, T.J., Faber, J.G., Janovicek, K.J., y Beauchamp, E.G. 2000. Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. En *Agronomy Journal*, 92(5), pp. 915-924.

Widmer, TL. 2000. Mechanism of suppression of *Meloidogyne hapla* and its damage by a green manure of Sudan grass. En *Plant Disease*, 84(5), pp. 562-568.





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

CENTRO DE PUBLICACIONES
Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid